

Instalação de energia solar em uma residência unifamiliar no município de Bofete - SP

AUTOR: Walmer Silveira Campos

walmersilveira@hotmail.com

ORIENTADOR: Prof. Me. Diego Augusto Valverde

diegoaugvalverde@gmail.com

Faculdade Galileu

Resumo: *Este trabalho buscou analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência, no município de Bofete, interior de São Paulo. Esse sistema foi composto por placas e outros componentes integrados ao sistema, que captam a luz solar e a converte em energia elétrica. O sistema adotado nesse estudo foi o on-gride, no qual a residência se mantém conectada à rede da concessionária.. Considerando que o investimento inicial para a implantação do sistema foi de R\$ 15 mil e um tempo de retorno do investimento de 55 meses, o consumidor final obteve uma economia média mensal de R\$ 277,33. Dessa forma, conclui-se que para o caso analisado o sistema fotovoltaico é viável, pois ocasionou uma redução na conta de energia além de ser uma energia renovável.*

Palavras-chave: *Sistema fotovoltaico; On-gride; Energia Solar*

Solar energy installation in a single-family residence in the municipality of Bofete – SP

Abstract: *This work sought to analyze the economic viability of implementing a photovoltaic system in a residence, in the municipality of Bofete, interior of São Paulo. This system was composed of plates and other components integrated into the system, which capture sunlight and convert it into electric energy. The system adopted in this study was the on-grid system, in which the residence remains connected to the utility grid. Considering that the initial investment for the implantation of the system was R\$15,000 and a payback time of 55 months, the final consumer obtained an average monthly savings of R\$277.33. Thus, it is concluded that for the case analyzed the photovoltaic system is viable, because it caused a reduction in the energy bill besides being a renewable energy.*

Keywords: *Photovoltaic system; On-grid; Solar Energy*

1. INTRODUÇÃO

A exploração constante de reservas de combustíveis fósseis e os danos ao meio ambiente são cenários preocupantes para o próximo século. Nesse caso, é importante encontrar fontes alternativas de energia renovável, limpa e livre de poluição, como a energia solar e a eólica. Alguns países têm investido em aplicações de energia solar, desde um ponto de vista técnico e econômico para analisar as características do fluxo da radiação solar que atinge a Terra até a tecnologia necessária para maximizar o uso desta energia (NASCIMENTO, 2004).

O Brasil utiliza como principal matriz energética as usinas hidrelétricas, contando com os índices pluviométricos para manter seus reservatórios em um nível satisfatório. Se houver grandes oscilações no índice e este afetarem o nível dos reservatórios é necessário partir para outra alternativa para a produção de energia, sendo a mais usual no país a termoeletrica. Porém, além dos custos operacionais mais elevados dessas fábricas, o meio ambiente também é afetado, pois esse tipo de produção de energia causa maior impacto ambiental, que se deve principalmente à produção massiva de gases de efeito estufa e ao alagamento de grandes áreas (ROSA; GASPARIN, 2016).

A matriz energética do país é composta pelas usinas hidroelétricas, que representa 57,3%; pela eólica, que corresponde à 11,3%; gás natural, que representa 8,6; entre outros como 8,3% de biomassa; 4,8% petróleo e derivados; 2,5% solar; 1,9% carvão mineral; 1% nuclear; e o restante fica para importação e Undi-elétrica (ABSOLAR; 2022).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2022), no Brasil existem 859.951 unidades de geração de energia, que equivale a uma Potência Instalada de 9.288,2 MW. Dessa quantidade a classe predominante é a residencial, que compõem 77,5% desse total, seguida da Comercial e serviços, 12,9%; Rural 2%; Poder Público, 0,3%; Serviço Público 0,02% e Iluminação Pública 0,01%

Como alternativa à crise hidrológica e ao acionamento das termoeletricas, as pessoas estão cada vez mais atentas ao uso de outras fontes renováveis para diversificar a matriz energética do Brasil para dessa forma atender à demanda e garantir a confiabilidade do sistema elétrico. Sendo assim, a energia solar é uma das opções mais atrativas para a diversificação da matriz energética do país (ROSA; GASPARIN, 2016).

Dessa forma, este trabalho busca analisar a instalação de um sistema solar fotovoltaico em uma residência unifamiliar no município de Bofete, interior de São Paulo, para determinar a viabilidade do sistema.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Normativa 687/2015

Diante das dimensões territoriais do Brasil, por ter uma rica diversidade de recursos e elevadas taxas de insolação, oferece diversas oportunidades para a diversificação de sua matriz energética. Esse fato foi confirmado pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, que regulamenta a adoção de painéis solares fotovoltaicos para geração de energia.

A Normativa passou por alterações e dessa forma foi criada a Resolução Normativa nº 687/2015, que entrou em vigor em 24 de novembro de 2015, no qual descreve o sistema de compensação como um sistema em que a energia funcional injetada por unidades distribuidoras é transferida para distribuidoras locais por meio de empréstimos gratuitos. (ANEEL, 2015).

A Normativa também caracteriza as unidades como sendo minigeração ou microgeração, a partir da potência instalada. Dessa forma, a minigeração distribuída é caracterizada pela potência superior a 75 kW e menor ou igual a 3MW (megawatts), para fontes hídricas ou menor ou igual a 5MW para as demais fontes renováveis (solar, eólica, biomassa e cogeração qualitativa). Já a minigeração distribuída é caracterizada pela potência menor a 75 kW (quilowatts), que abrange aos consumidores residenciais, comércios de pequeno e médio porte, produtores rurais e edifícios de órgãos públicos (ANEEL, 2015).

De acordo com a ANEEL (2015), as normas regulamentadoras para efeito de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade assinante, será distribuída à concessionária como empréstimo gratuito, podendo ser recuperado em um prazo de 60 (sessenta) meses. O excesso de energia elétrica não compensada pela própria unidade consumidora de energia, pode ser utilizado para compensar o consumo em outras unidades consumidoras.

Segundo Borba (2018) a ANEEL prevê o crescimento do campo solar fotovoltaico no Brasil, estima-se que até 2024, cerca de 1,2 milhão ou mais geradores

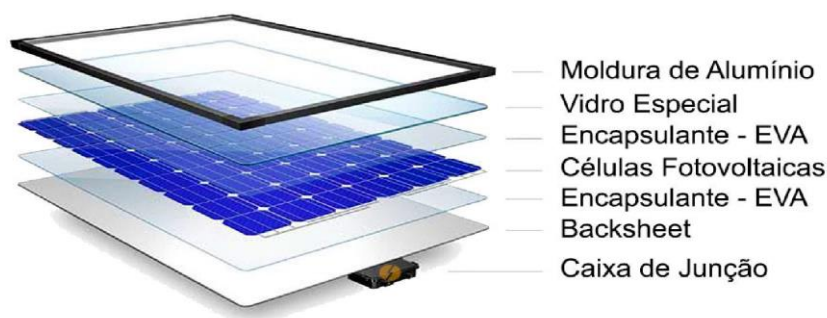
solares estarão instalados no país, respondendo por 15% da matriz energética do Brasil. Até 2030, o mercado de energia fotovoltaica deve ser 100 bilhões de reais.

2.2 Energia solar fotovoltaica

O sistema solar fotovoltaico é um modelo em que componentes são indispensáveis nos sistemas de energia, pois sem eles é impossível converter a radiação solar em energia elétrica. Tratam-se das células fotovoltaicas interligadas com o objetivo de converter a energia solar em elétrica que é realizada por módulos fotovoltaicos (painéis). Um grupo de células fotovoltaicas é geralmente chamado de módulo. As células fotovoltaicas são compostas principalmente de materiais semicondutores, como silício cristalino e arseneto de gálio. A célula fotovoltaica possui dois contatos elétricos em extremidades opostas, o que permitirá o fechamento do circuito. O conjunto de células fotovoltaicas é protegido por uma capa protetora, que deve ser um material termicamente condutor para dissipar o calor acumulado (CORTEZ, 2013).

A vida útil do conjunto das células fotovoltaicas estão projetadas para gerar energia entre 25 a 35 anos, que possam chegar até aos 40 anos de operação. Entretanto, a sua eficiência reduz de 6-20% da sua capacidade de produção de energia (GIL; ISIDRO, 2019).

Figura 01- Representação de uma célula fotovoltaica.



Fonte: FREIRE, 2020.

2.3 Orientação dos Painéis Fotovoltaicos

Na ausência de um sistema de seguimento solar, o sentido mais adequado para a instalação do módulo fotovoltaico é este ficar posicionado para o norte geográfico, de forma a aproveitar a luz solar ao longo do dia. Haverá uma incidência maior na

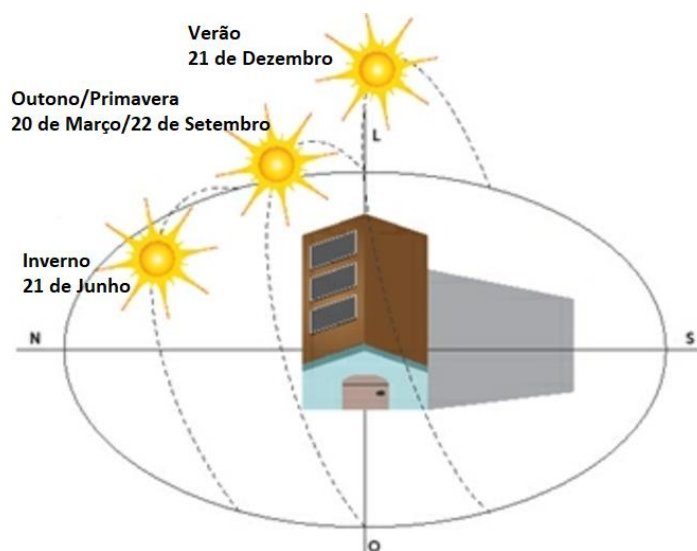
superfície ao meio-dia, porque o ângulo de azimute da análise será igual a zero (MACEDO, 2017)

Portanto, para que os geradores solares produzam mais energia, os painéis devem ser instalados no telhado na posição voltado para a face norte, esta posição não é sombreada, assim vai ter o maior aproveitamento da radiação solar. Além disso deve-se analisar o ângulo de inclinação, é recomendado que seja igual ao da latitude e é geralmente o melhor ângulo para a instalação de painéis fotovoltaicos (BARBOSA, 2018).

No Brasil, a utilização da inclinação mínima é de 17 graus, sendo mais comum nos telhados. Com essa inclinação permite uma a instalação dos painéis de forma que as perdas são significantes na produção de energia.

Como apresentado na figura 02 abaixo, o telhado na posição voltado para a face norte visualiza o sol, descrevendo a sua trajetória circular no céu. Sendo que o sol nasce no Leste, sobe se inclinando ao Norte e se põe no Oeste. No verão, os raios solares possuem um ângulo de inclinação maior, já no inverno, o ângulo é menor e o sol fica mais próximo ao horizonte (BARBOSA, 2018).

Figura 02 – Trajetória solar



Fonte: Retirada do site: www.clickpaverama.com.br

Tabela 02 – índice de Radiação Solar

kWh Primavera /m². dia					
Município	Anual	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Araçatuba	5,52	6,672	5,97	4,697	4,741
Barretos	5,509	6,711	6,057	4,474	4,794
Bauru	5,466	6,54	5,919	4,581	4,824
Campinas	5,388	6,347	6,147	4,402	4,658
Franca	5,484	6,385	6,133	4,618	4,801
Marília	5,384	6,59	5,786	4,573	4,588
P. Prudente	5,401	6,578	6,039	4,517	4,468
Registro	4,388	5,239	5,56	3,482	3,273
Ribeirão Preto	5,489	6,545	6,117	4,476	4,819
Santos	4,709	5,747	5,455	3,881	3,753
S. Carlos	5,444	6,39	6,089	4,48	4,819
S.J. Campos	5,053	6,002	5,625	4,227	4,357
S.J.R. Preto	5,512	6,695	5,876	4,597	4,878
São Paulo	4,589	5,251	5,352	3,967	3,784
Sorocaba	5,126	6,105	5,933	4,237	4,231
Total	78,462				

Fonte: Energia Solar Paulista, 2013.

O sistema fotovoltaico possui o inversor, que tem função de converter a energia elétrica gerada pelo painel solar de corrente contínua (DC) para corrente alternada (AC) exigida pela maioria dos equipamentos elétricos. No caso de sistemas conectados, eles também são responsáveis pela sincronização com a rede. De maneira simplificada, são utilizados dois tipos de inversores de frequência em sistemas fotovoltaicos residenciais: on-grid e off-grid (FREIRE, 2020).

Figura 03 – Inversor de energia



Fonte: Autoria própria, 2020.

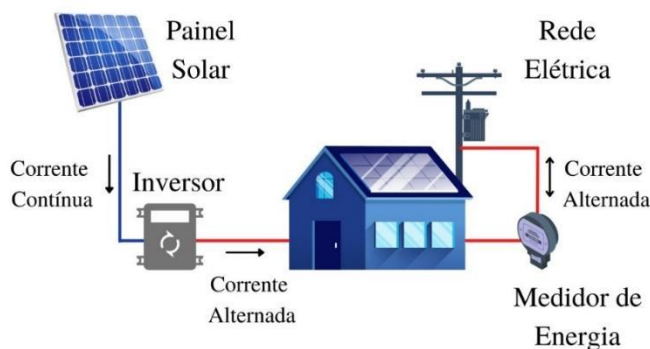
Os inversores off-gride (fora da rede) são utilizados para conectar sistemas fotovoltaicos isolados e também são responsáveis pelo fornecimento de energia para alimentar as cargas. Nesse caso, o dispositivo não pode interagir com o sinal da empresa de energia e, portanto não pode se conectar à rede. Os inversores off-gride também usam baterias para armazenar energia quando não há luz solar. Esse sistemas são amplamente utilizados em áreas remotas por serem a opção mais econômica e eficiente para a obtenção de energias nesses locais (FREIRE, 2020).

De acordo com Villalva (2015), esses sistemas podem ser usados para fornecer energia a residências em áreas rurais, praias, acampamentos, ilhas e quaisquer locais sem eletricidade.

Os sistemas fotovoltaicos on-gride são conectados à rede e eliminam a necessidade de controladores de carga e dispositivos de armazenamento de energia e geralmente são mais baratos que o sistema off-gride. Além disso, o inversos do sistema terá a função de sincronizar o sistema com a rede pública. Além disso, como não há dispositivos de armazenamento de energia, toda a energia excedente produzida, ou seja, a energia não consumida pela residência é vai para a rede elétrica da companhia de energia (FREIRE, 2020).

O objetivo da ligação à rede de sistemas fotovoltaicos é gerar eletricidade para consumo local, o que pode reduzir ou eliminar o consumo da companhia de energia e até gerar excesso de energia (BORBA, 2018).

Figura 04- Representação dos Equipamentos Utilizados



Fonte: Adaptado de BORBA, 2018.

O medidor bidirecional de energia elétrica funciona como uma forma de medição, para que possa quantificar a energia elétrica, que é produzida por células fotovoltaicas nas instalações dos consumidores e da fornecida pela rede de distribuição de energia da concessionária. Ao analisar o medidor de energia elétrica, pode-se verificar se o consumo de energia do dispositivo é maior ou menor do que o consumo de energia fornecido pelo sistema de geração de energia (FREITAS, 2018).

3. Materiais e Métodos

O objetivo desse trabalho é analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico distribuído em uma residência, que será conectado à rede elétrica. O sistema busca captar a energia solar, transformando-a em energia elétrica, fazendo que o consumo junto a companhia seja menor e com isso, a diminuição do valor da conta de energia.

Figura 05 – Local de estudo (23°06'13,31''S; 48°15'51,72'' O)



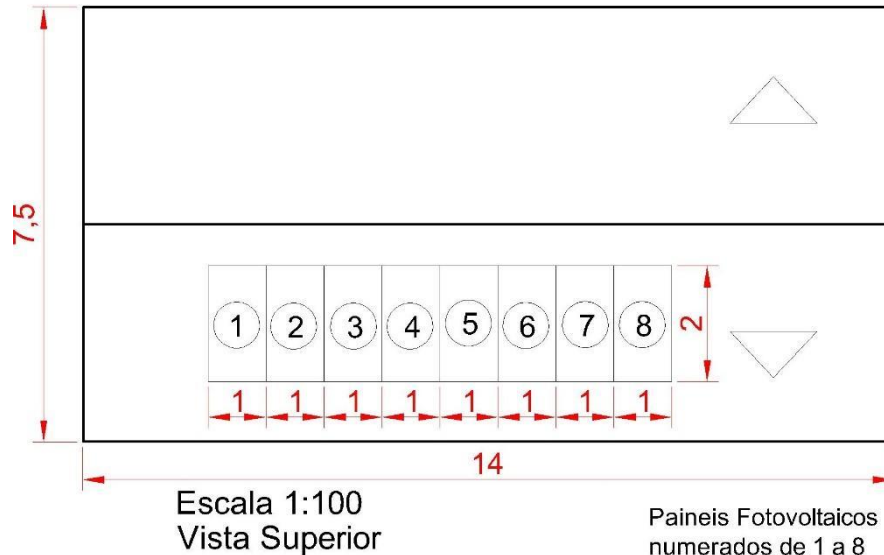
Fonte: Google Earth, 2022

A energia elétrica consumida na residência é utilizada por um conjunto de eletrodomésticos e aparelhos portáteis como máquinas de lavar, ferros de passar, televisores, aparelhos de som e microcomputadores entre outros elementos.

De acordo com as informações obtidas no ambiente da pesquisa, a residência possui uma área construída de 90,00 m², localizada na R Josué de Arruda, nº 66, bairro Vila Nova, Bofete - SP. Para o dimensionamento do sistema foi levado em consideração o trabalho realizado por Freitas (2018).

A residência utilizada para o estudo de caso, possui um telhado de duas águas, que equivale a 120,00 m². As placas fotovoltaicas foram instaladas no lado direito do telhado, o telhado possui duas águas, cada lado possui uma área de cobertura de aproximadamente 60,00 m², cada placa fotovoltaica possui 1 metro de comprimento por 2 metros de altura, sendo a área equivalente a 2 m², sendo a área total utilizada pelas placas de 16 m². Sendo assim, as placas ocuparão 26,39% de uma água do telhado ou 23,20% de todo o telhado da área do telhado.

Figura 05. Representação do Telhado com as Placas Solares

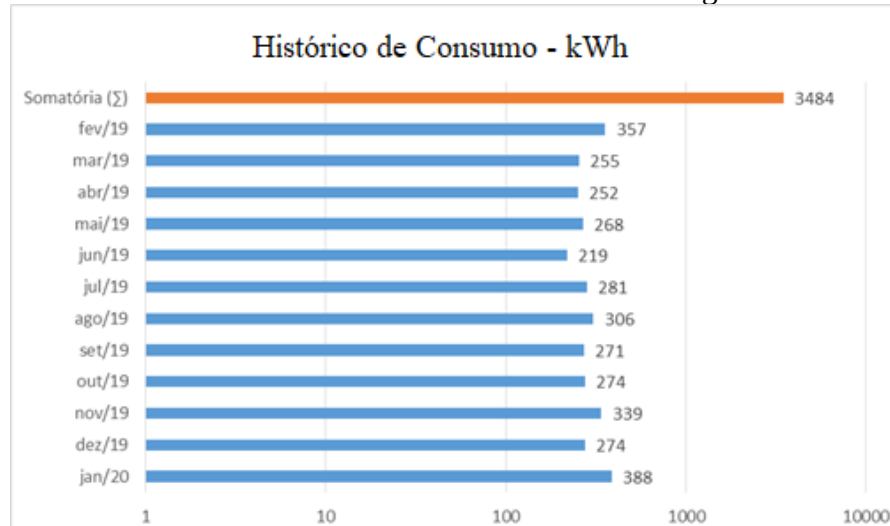


A partir de dados obtidos na conta de energia da residência, pode-se fazer o dimensionamento do sistema, realizando a média de consumo, em kWh, no período dos 12 meses, para que assim pudesse determinar a quantidade de painéis que serão utilizados na residência para suprir a demanda energética da mesma.

No gráfico abaixo pode-se analisar o consumo mensal da residência desde o período de Fevereiro de 2019 a Janeiro de 2020, período de 12 (doze) meses antes da

instalação do sistema solar, para assim determinar o consumo médio da residência. Ou seja, analisando todo o período conclui-se que a média mensal de consumo é de 290,33 kWh.

Gráfico 1: consumo médio de energia.



Com o histórico de consumo dos meses que sucederam a instalação do sistema, conseguiu-se obter o consumo anual da residência que foi de 3.484,00 kWh. Com essa informação foi possível calcular o consumo médio mensal e o consumo diário.

Analisando os dados obtidos através das contas de energia, pode-se observar que a residência possui um consumo anual de 3.484,00 kWh, sendo a média mensal de 290,33 kWh.

Para a determinação da potência do sistema fotovoltaico, utiliza-se o consumo diário da residência. Para obter esse valor, basta dividir o consumo médio mensal por 30, que equivale a 30 dias do mês. Ou seja, $290,33 \text{ kWh} / 30$, equivale ao consumo diário que é 9,68 kWh.

De acordo com a tabela abaixo, determinou-se o índice de radiação solar, para dimensionar o sistema fotovoltaico. A tabela abaixo corresponde aos índices de radiação solar de 15 cidades do Estado de São Paulo, com ela determinou-se uma média de radiação no estado, para assim dimensionar o sistema fotovoltaico.

Através dos dados dos municípios obteve-se uma média da radiação solar de 5,230 kWh/m². Sendo esse resultado utilizado para o dimensionamento do sistema.

Para o dimensionamento do sistema, utilizaremos a seguinte fórmula:

$$PPP = CMD \div (IS \times R)$$

Onde:

PPP – Potência de pico dos painéis; **CMD** – Consumo médio diário; **IS** – Irradiação solar; **R** – Rendimento.

De acordo com Villalva (2015), existe uma perda no sistema, ela decorre de vários fatores, sendo assim a eficiência média do sistema fica por volta de 80%. As perdas podem ser ocasionadas por diversos fatores como o aquecimento dos painéis, incompatibilidade elétrica, acúmulo de sujeira, efeito joule nos cabos e problemas relacionados ao inversor.

Utilizando a fórmula acima, obteve-se o resultado da potência de pico dos painéis.

$$PPP \text{ (Potência de Pico dos Painéis)} = 9,68 \div (5,23 \times 0,80)$$

$$PPP = 2.313,57 \text{ Whp.}$$

Para o dimensionamento da quantidade de painéis utilizou-se o valor total da potência de pico dos painéis sobre a potência unitária da placa. Sendo o valor de PPP = 2.313,57 Whp. O painel utilizado na residência possui uma potência de 335,00 Wp, por placa.

Para a determinação da quantidade de painéis, dividiu-se a potência de pico pela potência individual de cada painel, e obteve-se o valor aproximado de 7 (sete) unidades para suprir a demanda energética da residência.

$$PPP = 2.313,57 \div 335Wp = 6,91 \text{ painéis}$$

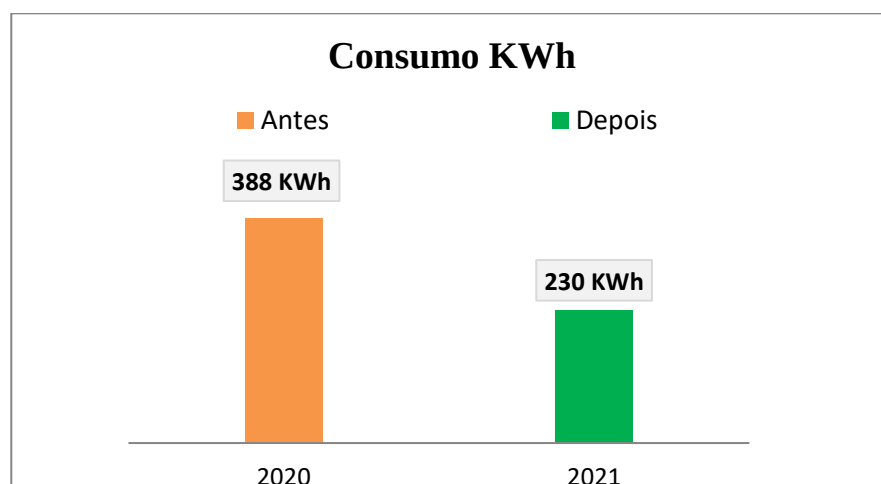
De acordo com os cálculos, 7 (sete) painéis atenderiam a demanda atual da residência. Mas devido o telhado não estar posicionada diretamente sobre a face norte, podem ocorrer percas do sistema e para suprir essa necessidade é indicado acrescentar mais placas (ENERGÊS, 2020). Devido a esse motivo foi acrescentado mais uma placa ao sistema fotovoltaico da residência.

Com a utilização das 8 placas obteve-se uma potência total efetiva das placas de 2.680,00 Wp, sendo que pelo dimensionamento seria necessária uma potência de 2.313,57 Wp, ocasionando uma sobra de potência no dimensionamento de 366,43 Wp,

sendo a diferença entre o real produzido pelas placas e o estimado pelo consumo da residência.

Com a implantação do sistema na residência pode-se realizar uma análise entre o valor inicial do investimento em relação a economia gerada. Conforme fatura da companhia de energia referente ao mês de Janeiro de 2020, um mês antes da instalação do sistema, o valor da fatura foi de R\$ 365,70, correspondente à 388 kWh de energia consumida pela residência. Depois de 21 (vinte e um) meses da instalação do sistema fotovoltaico, a fatura de Outubro de 2021, foi de R\$ 88,37, correspondente ao consumo de 230 kWh.

Gráfico 2: consumo KWh.



Resultados

Sendo assim através dos dados obtidos pelo consumo da conta de energia se obteve bons resultados de R\$ 365,70 que era cobrada da fatura antes de colocar o sistema, agora é cobrado o mínimo da conta que é de R\$ 88,37.

O consumo mínimo é determinado pela quantidade das placas fotovoltaicas foi possível realizar um orçamento com a empresa X, para assim definir a viabilidade de implantação do sistema. Dessa forma, a empresa cobrou o valor de R\$ 15.000,00 para realizar a instalação do sistema, sendo que ele é composto pelas 8 placas fotovoltaicas e o inversor de energia.

Através da conta de energia fornecida pela Companhia de energia pode-se observar que durante os primeiros 21 meses da instalação do sistema, desde quando foi colocado até a fatura do mês de Outubro de 2021, o proprietário da residência obteve um saldo de 474 kWh com a empresa de fornecimento de energia.

Se comparado os dois valores, pode-se perceber a diferença de valor antes da instalação e depois de percorrido algum tempo da instalação do sistema fotovoltaico. A diferença entre os valores causa uma economia de R\$ 277,33 por mês.

Para calcular o tempo de retorno do investimento, deve-se relacionar o valor inicial investido, ou seja, R\$ 15 mil e o valor economizado em média no mês, R\$ 277,33. Sendo assim o tempo de retorno será de aproximadamente 55 meses ou 4,6 anos.

Para a análise da viabilidade do sistema, foi realizado uma simulação, no qual o investimento inicial de R\$ 15 mil que seria investido com juros de 0,5%a.m, ao longo dos 55 meses. Ao final do investimento o valor dos juros será de R\$ 4.734,43, no qual foi utilizado a fórmula de juros composto:

$$M = C \cdot (1 + T.J.)^t$$

$$M = R\$ 15.000,00 \cdot (1 + 0,5\%)^{55}$$

$$\mathbf{M = 19.737,43}$$

Onde: M= Montante; C = Capital; T.J = Taxa de Juros; t = Tempo

$$J = M - C$$

$$J = 19.737,43 - 15.000,00$$

$$\mathbf{J = 4.737,43}$$

Sendo que o rendimento total foi de R\$ 4.734,43 que foi nos 55 meses.

Conclusão

Através dos dados obtidos e da análise dos mesmos, pode-se concluir que a instalação das placas fotovoltaicas é viável e satisfatória, visto que possui alta durabilidade e qualidade, e é uma fonte de energia limpa e renovável, além da redução do valor da conta de energia.

Apesar do enorme potencial de geração de energia por meio desse sistema, a sua presença ainda não é expressiva na matriz energética brasileira, correspondendo a apenas 2,5% de toda a energia produzida. Entretanto, estima-se que a quantidade de

energia produzida pelo sistema fotovoltaico chegue a corresponder 15% da matriz energética do país, com 1,2 milhão de unidades geradoras em 2024. Além de ser uma saída para os cidadãos diminuírem o valor da conta de energia, possui a possibilidade de geração remota e

Partindo da premissa que toda a energia produzida pelo sistema fotovoltaico é consumida pela residência, fica evidente a economia gerada para o consumidor final, já que o mesmo não fica dependente do fornecimento da companhia de energia. Esse sistema traz benefícios óbvios para os usuários, como a redução do valor da conta de energia e ainda não há a incidência de bandeiras adicionais, devido à baixa produção das hidroelétricas.

Além de se criar uma economia financeira para os usuários desse sistema, também é nítido como o mesmo é importante para o meio ambiente, pois com a adoção desse sistema há a redução de gases poluentes na atmosfera, e causa menos danos se comparados aos tipos de produção de energias adotados pelo nosso país. Também mostra a importância em diversificar a nossa matriz energética, sendo que nos últimos anos as chuvas estão mais escassas em determinados pontos do país, também reduz a necessidade de acionar as usinas termelétricas que são mais caras para se manter, gerando taxas adicionais para o consumidor final.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

ANELL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa N° 678. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> >. Acesso em: 19 de fev. de 2022.

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia solar Fotovoltaica. Disponível em: < <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/> >. Acesso em: 06 de Abril de 2022.

NASCIMENTO, C.A. Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica. Minas Gerais, 2004. Disponível em: < https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf >. Acesso em: 08 de dez. de 2021.

BORBA, F.W.S. Análise e Estudo do Uso de Energia Solar Fotovoltaica no Setor Comercial: **Estudo de caso de uma aplicação on gride**. Disponível em: <https://bdtcc.unipe.edu.br/wp-content/uploads/2019/02/TCC-FINAL-CD-.pdf> >. Acesso em: 7 de dez. de 2021.

FREITAS, R.M; et. al. Estudo de Viabilidade da Implantação de um Sistema de Micro Geração de Energia Fotovoltaica para Fathus. Disponível em: https://www.peteteletricaufu.com/static/ceel/artigos/artigo_297.pdf.>. Acesso em: 13 de dez. de 2021.

GIL, L; ISIDRO, J. O fim da Vida dos Módulos Fotovoltaicos. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/36189/1/O%20fim%20de%20vida%20dos%20m%C3%B3dulos%20fotovoltaicos.pdf>>. Acesso em: 16 de fev. de 2022.

BRASIL. Energia Solar Paulista: **Levantamento do Potencial**. Edição, 2013. São Paulo. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2019/04/2.-atlas_energia_solar_estado_sao_paulo-1.pdf.>. Acesso em:

ROSA, A. R. O; GASPARIN, F.P. Panorama da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. Revista Brasileira de Energia Solar, v. 7, n. 2, p. 140-147, 2016. Disponível em: < <https://rbens.org.br/rbens/article/view/157>>. Acesso 16 de dez. de 2021.

CORTEZ, R.J.M. Sistema de Seguimento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72632/1/000157958.pdf>.>. Acesso em: 16 de dez. de 2021.

BARBOSA, L.R; et al. Viabilidade para Instalação de Energia Fotovoltaica “on-gride” em Residência: **Payback Estimado em Diversos Cenários Econômicos**. Disponível em: http://netlogconference.com/proceedings/papers/NETLOG_2020_paper_24.pdf.>. Acesso em: 28 de dez. de 2021.

FREIRE, L.S. Energia Solar para Usuários de Baixa Renda. Disponível em: < <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10032316.pdf>>. Acesso em: 16 de dez. de 2021.

ENERGÊS. Como Posicionar os Módulos Fotovoltaicos. Disponível em: <<https://energes.com.br/como-posicionar-os-modulos-fotovoltaicos/>>. Acesso: 19 de fev. de 2022.

VILLALVA, M. G. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações - 2a Edição, 2015.